

京都大学公共政策大学院
地域再エネ共同研究プロジェクト
ディスカッションペーパー

日本の電力システムとインセンティブ設計の経済学的整理

Economic Organization of Incentives in the Japanese Electricity Sector



2025 年 9 月
September 2025

京都大学大学院地球環境学堂
博士後期課程
石田 恭明

Yasuaki Ishida
Ph.D student,
Graduate School of Global Environmental Studies,
Kyoto University

日本の電力システムとインセンティブ設計の経済学的整理 Economic Organization of Incentives in the Japanese Electricity Sector

京都大学大学院地球環境学堂 博士後期課程

石田 恭明

Yasuaki Ishida

Ph.D student,

Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University

Abstract

The purpose of this paper is to organize and re-examine the roles of markets and institutions in the electricity system. To encourage more active discussion of electricity systems from an economic perspective, it reviews and introduces the basic foundations of electricity markets within the framework of public economics. After clarifying the functions performed by the elements of the electricity system, it examines the incentive structures associated with each element and considers the consistency of incentives across different market institutions and their interactions. Finally, based on these analyses, the paper identifies the key challenges faced by the electricity market as a whole.

Keywords: electricity market, electricity deregulation, renewable energy

要旨

本稿の目的は、電力システムにおける市場と制度の役割の整理・再検討である。電力システムについて経済学的視座を含んだ議論をより活発にするために、改めて公共経済の枠組みから電力市場の基礎的な内容の整理・紹介を行う。そして、電力システムの要素がどのような機能を担っているのかを整理したうえで、それぞれにおけるインセンティブ構造の整理を行い、市場制度間の相互作用とインセンティブの整合性についての確認も行う。最後に、これらをふまえたうえで電力市場全体における課題を示す。重層的に市場が存在する日本の電力市場は、その連関の仕方について厳密に観測・分析されなくてはならない。本論稿は、その展望論文でもある。

キーワード： 電力市場、電力自由化、公共経済学、公共財、再生可能エネルギー

1. はじめに — 公共財と電力システム —

電力は、現代において日常生活のみならず産業活動においても不可欠な消費財である。発電所で生み出された電力は、送電線を通して変電所に送られ、さらに配電線を経由して各家庭や事業所に届けられる。自由化¹以降、電力小売会社や供給される電気の来る大元については需要家がある程度選べるようになったが、電力を運ぶための送電網や配電網といった経路は社会全体で共有されるインフラである。このような複数のものによる共有を前提とする財は、経済学では「公共財」と呼ばれる。そして、その公共財は市場メカニズムに必ずしもそのままでは馴染まない特性を有している。したがって、電力システムの運用に市場メカニズムを導入するためには、適切な制度設計や規制による補完が求められる。本稿は、電力システムについて経済学的視座を含んだ議論をより活発にするために、改めて公共経済の枠組みから電力市場の基礎的な内容の整理・紹介を行うものである。

電力の話に入る前に、公共財という言葉が指すものについて、確認しておこう。² コーヒーやバナナのような個人で消費する財を、経済学では「私的財」と呼ぶ。私的財では、各人の需要量を加算することで、市場需要曲線が形成される。これに対して、一つの財を複数人が同時に消費するとき、その財は公共財と呼ばれる。これは、より厳密には、「非競合性」と「非排除性」を備えた財として定義される³。非競合性は、「ある消費者による消費が、その他の消費者による財の消費を妨げない」性質のことである。そして、非排除性は「対価を支払わない消費者を、利用者から排除できない」性質のことである。例としては、川のような自然資源や、防衛サービスなどが該当する。この場合は、個人ごとの支払い意思額（限界効用）を加算することで、集計需要曲線が形成されていく。（図1・図2）

¹ 元々は規模の経済性と財の必需性から独占を認めて総括原価方式で調整していた。しかし、費用削減のインセンティブの薄さ・イノベーションの促進といった背景から 70 年後半代以降アメリカを中心に様々な分野で自由化が進む。この流れが EU や日本にも波及し、電力事業も自由化が行われた。

² 国内の教科書では、中川（2008）の第 2 章がわかりやすい。

³ 競合性や排除性は、現実においては、程度の問題として捉えられることが多い。たとえば、公園など公共スペースの多くは、多くの人が同時利用可能であっても、混雑すれば利用価値が低下する側面もあり、完全な非競合とはいえない。また、道路や水道のように、技術的に排除可能であっても、社会的・倫理的な観点から完全な排除が望ましくない場合もある。

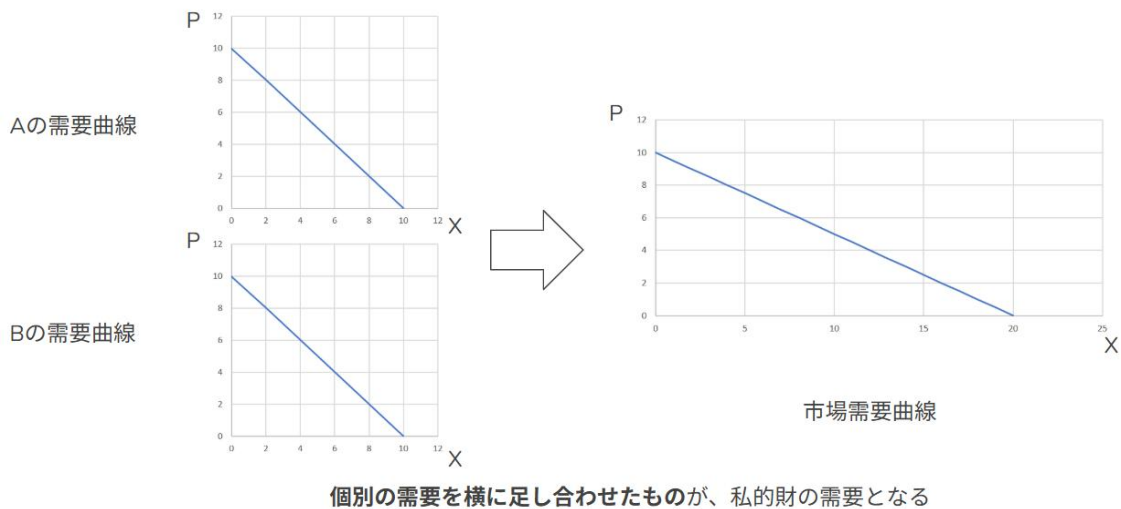


図1 私的財の需要曲線（市場需要曲線）

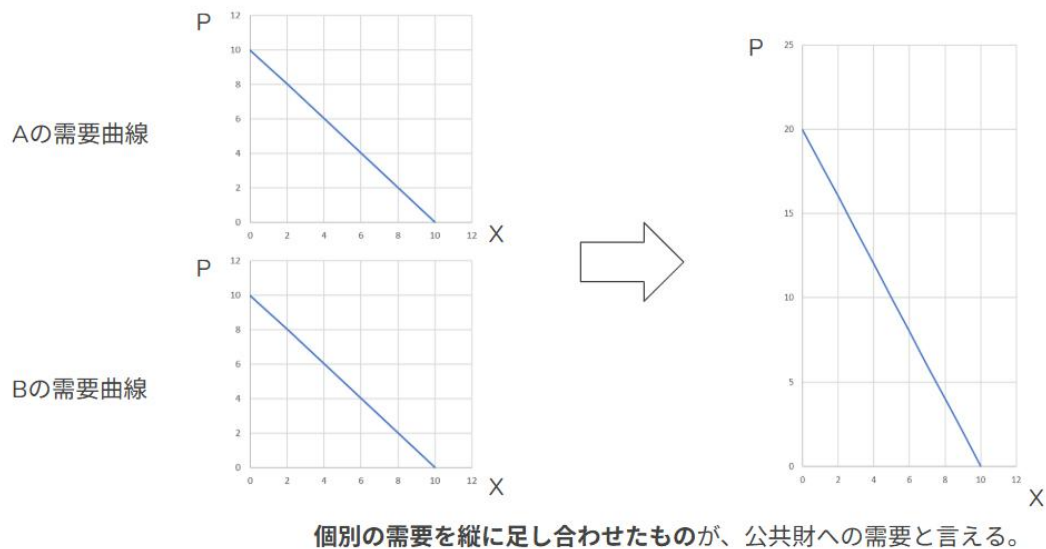


図2 公共財の需要曲線（集計需要曲線）

この違いは、最適供給にも反映される。私的財は一人の効用で供給水準を決めるが、公共財は全員分の効用を合計して決めることとなる。私的財の最適供給は「各人の限界効用＝限界費用」であり、理想的な市場メカニズムはこれを達成する。しかし、公共財の最適供給は「全員の限界効用の総和＝限界費用」⁴であり、市場メカニズムはこれを達成しない。つまり、私的財と公共財は効用とコストの釣り合いを取る際に足す人数が異なるため、市場メカニズム（私的供給）だけでは、公共財の社会的最適供給水準を実現することは難しい。

では、電力システムにおける公共財的要素はどのように考えられるのだろうか。電力は最終的に家庭や企業といった需要家に届けられるが、その供給には発電・送電・配電という複数段階のインフラが必要である。このうち、特に送電網や系統安定化のための設備・機能は、非競争性・非排除性を持つことが望まれる。なぜなら、送電網や周波数調整の仕組みは、個々の利用者を排除することなく多数の事業者が同時に公平に利用できることが競争メカニズムを活用する上でも求められ、また系

⁴ ボーエン・サミュエルソン条件。

統全体での安定性やその信頼性に基づく便益は、事業者も需要家もその便益を享受できるからである。今日の日本の電力システムは、様々な市場が重層的に設けられたなかで維持・運用されている。しかし、各段階で扱うものによって公共財的な性質の程度や構造も異なる。したがって、市場メカニズムを導入すべき領域と、政府の関与や制度設計が必要な領域を明確に区分してとらえておく必要がある。

ここで改めて、本稿の目的を明らかにし、また構成を示しておこう。本稿の目的は、電力システムにおける市場と制度の役割の整理・再検討である。電力システムの要素がどのような機能を担っているのかを整理したうえで、それぞれにおける人々の選好の反映、すなわち市場メカニズムの活用可能性を検討する。本稿の構成は、以下のとおりである。まず、電力システムと電力市場を概観する。そして、各市場でのインセンティブ構造の整理を行ったうえで、市場制度間の相互作用とインセンティブの整合性についての確認を行う。最後に、これらを通して明らかとなる制度の課題を示し、改革の方向性についていくつかの道筋を示す。

2. 電力システムと市場制度の整理

2.1 電力システムの概要と変遷

電力を供給するシステムについて整理しよう。そもそも、電力システムとして留意すべきものはなんだろうか。まずハードとして必要なものは、電源である。そして、電気を運ぶための送電線、変電所、配電線も必要とされる。それぞれについて、詳しくみていこう。

電源について見ていこう。まず初めに、どのくらいの電源が必要なのか、その容量の考え方について整理しよう。電力需要を賄うには、電力需要を賄えるだけの発電設備が存在していることが必要とされる。日本では、全国の最大電力に対して約8%の予備力を確保することが、一つの基準とされてきた。そこで、大手電力エリアごとに需要の高くなるような特定の時間帯のみをピックアップして需給の安定性を検討するアプローチがとられていた。しかし、これは後述の太陽光発電や風力発電といった変動電源が増加や、レジリエンスの重視から、再検討されることとなった。新たな指標として2021年以降 Expected Unserved Energy という確率的要素を含む信頼度指標が追加的に導入され、年間を通して需要が供給を上回ると想定される時間帯における供給不足量の合計も参照されるようになった。また、予備力については、エリアを飛び越え、広域ブロック需要・広域予備率も参照されるようになっていく。⁵

では、電源には実際にどのようなものがあるのだろうか。次は種類を見ていこう。電源には様々な種類があり、それぞれ物理的・経済的特性が異なる。それらをうまくかみ合わせて活用することで、経済的効率性を保ちながら電力需要を満たすことが求められる。そして、この電源の種類ごとの役割・位置づけは、再エネの大量導入によって変わりつつある。本章では、旧来の電源の種類と位置づけを確認したうえで、それがどのように変遷しているのか、確認していこう。

旧来の電源の種類と、それらの位置づけを確認しよう。従来の電力供給体制においては、24時間体制で安定的に稼働するベースロード電源があり、その上に需要変動に合わせて運転されるミドル電源、そして最終的な需給のずれを埋めるためのピーク電源といった構成で考えられていた。ベースロード電源には、原子力や石炭・

⁵ このことについては、木船（2024）1章3節にわかりやすい。

水力（流れ込み式）・地熱などの、「発電（運転）コストが、低廉で、安定的に発電することができ、昼夜を問わず継続的に稼働できる電源」（資源エネルギー庁, 2015）が該当する。ミドル電源は「発電（運転）コストがベースロード電源の次に安価で、電力需要の動向に応じて、出力を機動的に調整できる電源」（資源エネルギー庁, 2015）とされており、天然ガスやLP ガスが該当する。そしてピーク電源は「発電（運転）コストは高いが、電力需要の動向に応じて、出力を機動的に調整できる電源」（資源エネルギー庁, 2015）とされており、具体的には石油や揚水式水力が該当する。

しかし、こうしたシステムを再構築する必要が生まれた。その背景には、2015年のパリ協定に代表される国際的な脱炭素の潮流がある。地球温暖化の抑制は、もはや道徳的な要請にとどまらず、経済合理性から見ても不可避な政策課題となっている。将来の気候変動による損害や社会的コストを回避する観点から、再生可能エネルギーの導入は経済学的にも正当化される。また、日本においては、海外に依存しない変動費のかからない電源としても太陽光や風力を活用した再生可能エネルギーの重要性は高い。特に、太陽光は住宅の屋根や遊休地の活用、風力は広大な海域を有すること等から、大きな期待が向けられている。また特に産業に着目すれば、競争力のある価格でエネルギーを得ていくこと以外に、中小企業がサプライチェーンからの除外を避ける意味でも、今後再生可能エネルギーの供給を高めることは重要な課題となろう。

では、各電源の役割は、こうした脱炭素の潮流の中でどのように変遷しているのだろうか。電力システムの中で脱炭素を考える際、大きな論点となるのが火力発電の環境負荷である。前述の通り、石炭火力はベースロード電源として広く使われてきたが、CO₂排出量の観点から見直しが迫られている。一方、前述のとおり天然ガス火力は、出力調整がしやすいことから、太陽光や風力などを活用した再生可能エネルギーの不安定な出力を補完する存在として、重要性が増している。

原子力発電もまた、CO₂を排出しない電源として注目される。原子力は負荷追従運転⁶が容易ではないことから、ベースロードとしての運用が主となる。費用についてみると、建設コストなどの初期投資が極めて高額である一方で、燃料費といった変動費は比較的低い⁷。しかし、東日本大震災以降、原発事故に伴うリスクが顕在化した。さらに、竹内(2023)にも示されるように、ウクライナ危機の問題など、国際関係のひっ迫が、安全対策費を増大させている。経済性に対する評価は大きく揺らぎ、費用が下がっていく見通しはたてがたい状況といえよう。そして、使用済み燃料の中間貯蔵や高レベル放射性廃棄物の最終処分といった課題も、依然として未解決のままとなっている。

次に、電気を届けるための設備に目を向けよう。発電された電気は、出来る限りエネルギーのロスを少なくするため出来るだけ高い電圧で遠方まで送られ、消費地近くに設けたいくつかの変電所を通過する中で需要家に適した電圧に落とされ、供給される。工場やビルなどの大口需要家には高電圧のまま、一般家庭には変電所で電圧を下げて届けられる。発電所から最終変電所までを結ぶ電線は「送電線」、そこから先が「配電線」と呼ばれている。

⁶ 負荷側の要求に応じて出力を変動させる運転方式。即時的な出力調整が必要とされる。

⁷ 経済産業省（2025）に詳しい。リスクに関する費用の計上については、「今後、全ての追加的安全対策の評価の実績が積み上がった場合の効果을 勘案する必要あり」となっている。（経済産業省, 2025, p132）

震災前の日本では、都市部の電力需要を地方の大規模発電所が担っていた⁸。かつての日本では、供給エリアごとに電力会社が独占的に事業を展開していた。そのため、送電ネットワークは、地域ごとに分断された、所謂「串刺し型」の構造となっている。また、各社の供給エリアは「地域間連携線」で結ばれているものの、それは恒常的な大規模電力融通を想定したものではなかった。しかし、都市部から離れた発電所に依存することは、大規模災害時等に供給障害を招いた場合のリスクが大きく、実際に東日本大震災はその脆弱性を明るみにした。こうした経験もあり、現在ではエネルギー供給のレジリエンスが重視されている。さらに、財政学的観点からの評価・検討も進み、地域内経済循環・付加価値創造と言った側面からも、地域ごとに分散型エネルギーリソースを導入する取組が進められている。

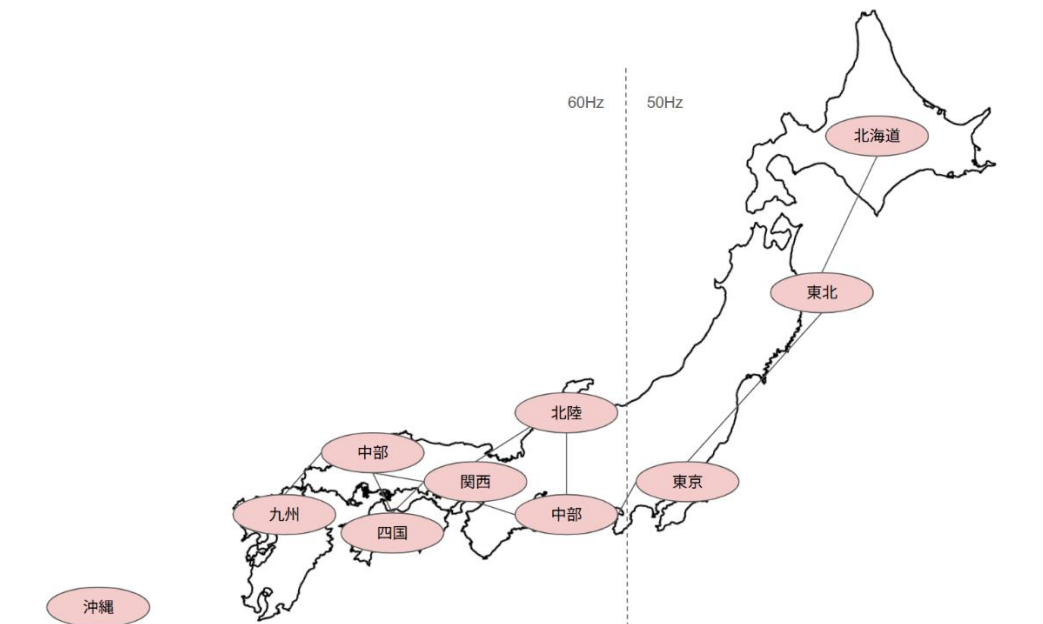


図3 地域間連携線のイメージ図

そして、電力の供給側だけでなく、需要側の意識や行動も変化している。家計においては、経済性と脱炭素の観点から、省エネの実践が進んでいる。ビジネスにおいても、エネルギーの使用状況を可視化し、最適化することがより重視されている。特に注目されているのがデジタル技術の活用である。IoT技術やスマートメーターの導入により、膨大なエネルギーデータが日々収集・分析されるようになっており、これを活用することで、より効率的で柔軟なエネルギー供給が実現されると期待されている。電気自動車（EV）の普及やデータセンターの増大が電力需要の増加要因となる一方、人口減少等によって電力消費量は減少傾向にあるという予測もある（RITE, 2023）。また、太陽光発電による自家消費の拡大によって、電力は必ずしも電力会社から購入するものとは限らなくなっている。

こうした変遷は、公的な資料としては、エネルギー基本計画から追うことができる。要点を抜粋しつつ、流れを追っていこう。2010年に決定されたエネルギー基本計画では、原子力発電の新增設について明記されたが、東京電力・福島第一原子力発電所の事故後である2014年に決定された第4次エネルギー基本計画では、「原発の依存度を可能なかぎり低減する」方針が明記された。そして、2018年の第5次エネルギー基本計画では、再生可能エネルギーについて「経済的に自立した主力電源に

⁸ たとえば、首都圏では福島県や新潟県の新潟県に、関西では福井県の新潟県に依存していた。

することを目指す方針が示されている。第6次基本計画では、新たなエネルギー基本計画として、2050年カーボンニュートラル（2020年10月表明）、2030年度の46%削減、更に50%の高みを目指して挑戦を続ける新たな削減目標（2021年4月表明）の実現に向けたエネルギー政策の道筋を示すことが重要テーマとなっている。世界的な脱炭素に向けた動きの中で、国際的なルール形成を主導することや、これまで培ってきた脱炭素技術・新たな脱炭素に資するイノベーションにより国際的な競争力を高めることが重要であるとしている。同時に、日本のエネルギー需給構造が抱える課題の克服も重要なテーマとしており、気候変動対策を進める中でも、前庭となる安定供給の確保やエネルギーコストの低減（S+3E）に向けた取組を進めることとしていた。

国内のエネルギー政策は、第6次エネルギー基本計画策定以降も情勢変化を踏まえ、また新たな方向性を示している。資源エネルギー庁（2025）を見ていこう。「ロシアによるウクライナ侵略や中東情勢の緊迫化などの経済安全保障上の要請が高まる。DXやGXの進展に伴う電力需要増加が見込まれる」という現状のもとで、エネルギー安定供給や脱炭素化を経済成長につなげる産業政策の強化が求められている。その際の基本的視点として、「エネルギー政策の要諦である、S+3E（安全性、安定供給、経済効率性、環境適合性）の原則は維持」される。すなわち、「安全性を大前提に、エネルギー安定供給を第一として、経済効率性の向上と環境への適合を図る」ことが基本方針となっている。

さらに「DXやGXの進展による電力需要増加が見込まれる中、それに見合った脱炭素電源を確保できるかが我が国の産業競争力に直結する状況」であり、2040年度に向けてはGX2040ビジョンも遂行するとしている。また南北に長く起伏も多い国土の特性や資源の賦存量も踏まえ、「エネルギー安定供給と脱炭素を両立する観点から、再生可能エネルギーを主力電源として最大限導入するとともに、特定の電源や燃料源に過度に依存しないようバランスのとれた電源構成を目指していく」としている。あわせて「エネルギー危機にも耐えうる強靱なエネルギー需給構造への転換を実現するべく、徹底した省エネルギー、製造業の燃料転換などを進めるとともに、再生可能エネルギー、原子力などエネルギー安全保障に寄与し、脱炭素効果の高い電源を最大限活用する」方針も掲げられている。

省エネルギーと非化石転換についても、「徹底した省エネの重要性は不変。加えて、今後、2050年に向けて排出削減対策を進めていく上では、電化や非化石転換が今まで以上に重要」とされる。具体的には、「半導体の省エネ性能の向上、光電融合など最先端技術の開発・活用、これによるデータセンターの効率改善」を進めるとともに、「工場等での先端設備への更新支援、高性能な窓・給湯器の普及」などの推進を行うとしている。また、地域での省エネ支援体制の充実も重要とし、特に電化や非化石転換に抜本的な製造プロセス転換が必要となる産業について「官民一体で取組を進めることが我が国の産業競争力の維持・向上に不可欠」としている。

2.2 市場制度の概観

ここまで述べてきた電力システムの裏側には、複数の市場制度が折り重なって存在している。そもそもなぜ複数の市場が必要となるのかというと、電力は貯蔵が困難であるため、需要に供給を常に一致させる必要があることが大きな理由となっている。この特性に安定的に対応し続けるために、日本の電力調達では複数のタイミングで電力やそのポテンシャルについて取引を行う。そのため、市場も単一ではな

く、タイミングとプレーヤー・取引内容ごとに複数の市場が運営されている。本節では、日本の電力市場を構成する主要な取引制度について、市場の設計目的と取引対象および取引内容を確認しよう。

まず、調達市場の中心として、スポット市場（一日前市場）と時間前市場から見よう。これらはいずれも JEPX が運用している。スポット市場では、翌日に供給される電力量（kWh）⁹を前日午前 10 時までに取引する。発電事業者や余剰電力を持つ小売電気事業者が売り手、小売電気事業者が買い手となる。ここで需給の計画を整えたうえで、当日に需給がずれた分は、時間前市場において調整が図られる。時間前市場は、ゲートクローズ 1 時間前までの複数回にわたる取引枠が設けられており¹⁰、需給の微調整を行う。最終的なずれの分は、後述の需給調整市場において一般送配電事業者が調達した調整力によって調整される。このとき、インバランス制度によって、調整分について、小売事業者に課徴金（インバランス料金）が課されることとなっている。

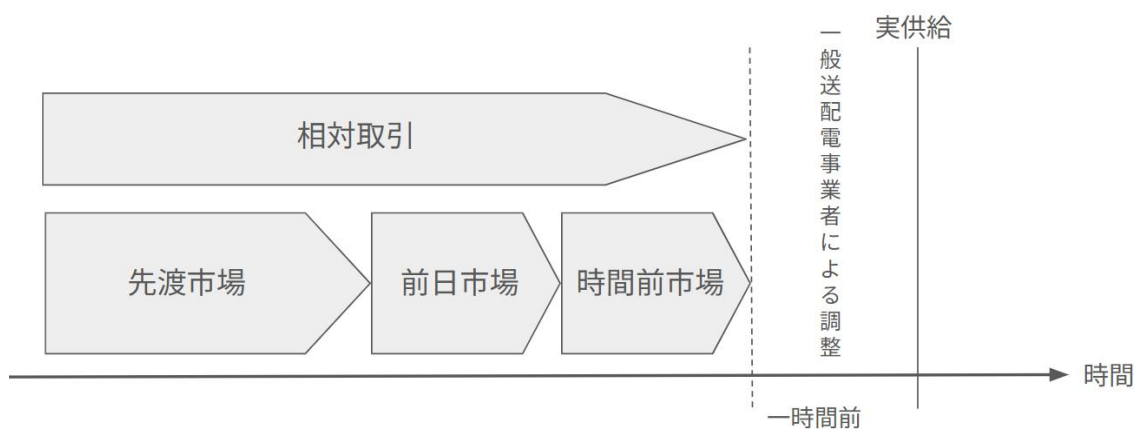


図4 電力調達のフローチャート

また、需給バランスをリアルタイムで維持するための手段として、送配電事業者が調整用電源を確保するための需給調整市場が整備されている。この市場では、発電出力の変化速度とその出力の継続時間で5種に分類された調整力（ Δ kWh）がそれぞれ取引される。調整力の提供者には、発電事業者のほか、蓄電池事業者や需要家によるデマンドレスポンス参加も含まれる。¹¹従来は地域ごとに送配電事業者が公募で確保していたが、2021年以降は全国的な市場を通じて送配電事業者が競争的に調達している。

より長期的な安定供給を実現するための制度も存在する。その一つが、JEPXが運営するベースロード市場である。この市場は、燃料費変動に左右されにくい安価な電源（主に火力や原子力など）を、新電力事業者にも確保しやすくすることを目的として設計されたものである。¹²旧一般電気事業者などのベース電源保有者が発電量

⁹ JEPX の一日前市場（スポット市場）では、1日24時間が30分ごとに区切られ、それぞれの時間帯ごとにインターネット上の取引システムで入札が行われる。

¹⁰ スポット市場閉場後、事業者の計画提出と広域機関によるとりまとめを経て、前日17時から当日1時間前まで開場する。

¹¹ 取扱商品や参入要件等については、電力需給調整取引所公式HP参照のこと。

¹² 資源エネルギー庁資料（資源エネルギー庁（2022）等）に明記されている。

を固定価格で提供し、新規参入者である小売電気事業者が購入できるようにすることで、競争の公平性を担保している。

さらに、電力量そのものではなく、将来の供給能力を取り扱う容量市場も整備されている。この市場では、4年先の供給容量(kW)が取引される。発電事業者等が供給側であり、広域機関(OCCTO)が需要側として購入する。実際の費用は、小売電気事業者が容量拠出金として負担する。これによって、将来のピーク需要に備えた発電設備の維持・開発が促される。

加えて、先渡市場も、小売電気事業者にとって、長期安定供給と価格リスクヘッジの有効な手段となっている。この市場では、小売事業者が買い手、発電事業者が売り手となって、供給3年前から3日前までの電力の価格・量を事前に固定して取引する。契約期間は年間、月間、習慣があり、平日昼間に限定したもの等もある。この市場は取引当事者の価格ヘッジや収益安定化のために重要な役割を果たすが、とりわけ新電力事業者にとっては、スポット価格の急変動に伴うリスクを緩和し、持続的な供給体制を整えるうえでも重要な仕組みである。

そして、再生可能エネルギーや原子力など、CO₂を排出しない電源に由来する「非化石証書」を取引するための非化石価値取引市場が存在する。この市場では、発電事業者が発行した非化石証書を小売電気事業者が購入することができる。取引は3か月単位で電力取引に先行して実施され、JEPX(日本卸電力取引所)がマルチプライス・オークション方式で運営している。入札は高い価格を提示した事業者から順に落札され、小売電気事業者は取得した証書によってCO₂排出量の少ない電力を企業や家庭に供給できる。これは、小売事業者自身の非化石電源比率の達成¹³や、需要家の脱炭素経営の推進等につながる重要な仕組みとなっている。

ここまでは、発電者と小売電気事業者との間で行われる卸取引を中心に説明したが、最終的な電力の受け手である家庭や企業に向けては、小売市場が存在する。小売電気事業者は、それぞれ独自の料金体系や電源構成、サービス内容を設計し、契約者に対して供給を行っている。

以上のように、日本の電力市場制度は、短期的な需給調整、長期的な供給力確保、環境価値の取引、そして最終需要者との契約構造に至るまで、多層的かつ補完的な仕組みとして設計されている。そして、これらの市場は、今後もPPAやDRといった新たな取引形態の規模が変わるにつれその姿を刻々と変えていくことが予想される。したがって、都度各市場において関係主体がどのようなインセンティブを与えられているかを理解することは、制度の評価や改革を検討するうえで不可欠である。

3. 市場制度とインセンティブ設計

3.1 電力システムの経済学的整理

では、これらの電力システムやそれぞれの市場で授受されるものは、経済学的にはどのような整理がされるのだろうか。今度は、具体的に検討してみよう。

まず、調達市場についてみると、やりとりされる電力量そのものは約定されればその分は他者が約定できず、価格シグナルに基づく市場取引が成立することから私的財と言えるだろう。ただし、系統安定を維持するためにインバランス取引として

¹³ 「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」にて、小売事業者は、2030年度までに調達電力のうち非化石電源比率を44%以上とすることが求められている。

清算価格が設定され、需給予測精度の向上を促すインセンティブも付加されている。

また、需給調整機能のためのシステムでもある容量市場は、将来にわたる供給信頼性の確保という公共財的要素を内包している。供給予備力の確保は、社会全体に非競合的な便益をもたらすが、それを需給調整市場で私的財的な報酬として転換することで、発電事業者に投資インセンティブを与える仕組みとなっている。

そして、ベースロード市場は基本的には私的財の取引であるが、電力自由化以前からの制度的な経緯に配慮しつつ、新規参入者や大口需要家にも安定的に電源を確保できるよう、公平性を重視して設計された特殊な取引制度と言える。

送電網や系統安定化設備については、技術的には排除可能性が存在すると言ってもいいだろう。たとえば送電網には、容量制約があり、系統接続申請の承認や制約時の接続制限・カットを考えれば、排除可能性はゼロではない。しかし制度的側面では、発送電分離後は、送電網は中立的に誰もが利用できるべきものとして扱われている。したがって、「非排除性を持つ」というよりも「排除は制度的に望ましくない」と財・サービスとして、整理することができる。そして、特に送電容量が混雑する局面では、競合性が顕在化するため、公平な配分を制度設計で担保する必要がある特性についても、特に留意すべきであろう。

では、需要家への販売の段階についてはどのように整理できるのだろうか。小売市場は、最終需要家（家庭や企業）が直接的に契約する段階であり、ここで取引される電気そのものは消費により他者の利用が不可能となる典型的な私的財である。また、小売電気事業者は、発電事業者や市場から調達した電力を需要家に販売するうえで、価格や環境価値、サービス内容といった要素で競争を行う。つまり、典型的な私的財の性質が前面に出るだけでなく、需要家の選好が反映も望むことができる制度設計となっている。さらに、再生可能エネルギーを積極的に取り入れることは、国内エネルギーの自立や地域の循環型経済の促進につながり、社会的な公益性を発揮し得る。このため、特定の料金メニューに補助を行うことも正当化される。

ただし、小売市場が成立する前提としては、送配電網の中立的利用が確保されていることが不可欠である。また競争環境において、最終需要家に対して価格の透明性や安定性を確保するための制度的な規律（料金規制、標準メニュー、保護措置など）も必要となる。

さらに、環境価値に関しては証書取引として小売事業者が購入する。これは制度上、明確に排除可能な私的財として扱われている。この環境価値は、小売事業者自身の非化石電源比率の達成や需要家の脱炭素経営の推進等といった動機から購入されている。

以上を踏まえると、電力システムにおいては市場メカニズムを導入すべき領域と、政府の関与や制度設計を通じて公共財的性質を補うべき領域とが混在している。したがって、各インフラや制度の持つ公共財性・私的財性を正しく整理し、それぞれに応じた市場設計と規制の役割分担を明確にすることが重要である。

短期の調達市場 (スポット・時間前)	やり取りされる電力量は私的財。 ただし、系統安定のため需給予測精度向上のインセンティブ設計も要求される。
需給調整市場	予備力の確保は社会に非競合的・非排除的な便益を持つ。 即応的な調整力の提供も促すため価格インセンティブを持たせる。
先渡市場	やりとりされる電力量は私的財。リスクヘッジ的側面有。後の市場取引に影響。
容量市場	将来にわたる供給信頼性の確保の効果は購入者以外にも波及しうる。 私的財的な報酬を設けることで発電事業者に投資インセンティブを生む。
ベースロード市場	他の市場での競争を成立させるための再分配的側面が強い。
送配電設備	技術的には排除性を持ちうる。また混雑時にはとくに競合性が強くなる。 他の市場競争のために、中立的に誰もが利用できるべきもの。
環境価値	私的財。小売競争に差別化・価格への転嫁といった影響を持つ。
小売市場	やり取りされる電力量は私的財。製品差別化も行われうる。 ただし、競争のための前提として送配電網の中立性などを要求する。

図3 電力システムの経済学的整理

3.2 各市場におけるインセンティブ構造

2章で示したように、日本の電力市場制度は多層的に設計されており、それぞれの市場が特定の目的と役割を果たしている。そして、前節では財・サービスとしての特質を整理した。以下では、各市場に望まれる機能とプレーヤーに与えられるインセンティブの関係性を整理する。

まず、短期の調達・需給一致といった視点で、スポット市場と時間前市場からなる短期の調達市場と、最終的な調整機能を支える需給調整市場についてみていこう。需要と供給をリアルタイムで一致させ、系統の安定性を維持することが全体として求められている。したがって、小売電気事業者・発電事業者が、自身の経済効率性を求める中、予測精度の向上と柔軟な調整行動（市場での追加取引等）の促進を行うような状況が求められる。

では、インセンティブはどのように設計されているのだろうか。取引の時系列に沿って、スポット市場から見ていこう。スポット市場では、価格は電力の供給と需要の関係によって決まり、「ブラインド・シングルプライスオークション方式」が採用されている。この方式では、参加者は他者の入札情報を知らないまま応札し、需給曲線が交わる点で価格と取引量が決定される。すべての約定が同一価格で成立し、透明性と公平性が確保され、市場操作を抑制しつつ効率的な価格形成が可能となる。こうしてスポット市場は、前日の段階で需給をまとめ、電力調達の基盤を築く役割を果たしている。

一方、時間前市場（当日市場）は、実供給のタイミングに近いことから、経済効率性以上に需給調整の意味合いがより強い設計となっている。時間前市場では「ザラ場取引」が行われ、価格優先・時間優先の原則に基づいて売買が連続的に成立する。最も高い買い入札と最も安い売り入札が即座に約定され、同一価格であるものは早く発注したものが優先される。直前にザラ場取引を採用する理由は、電力需要や再生可能エネルギーの発電量といった不確実な要素が直前にならないと確定しないためである。オークションのように一括で価格を決める方法では、こうした短時間の変動に対応しきれない。その点、ザラ場取引は、需給の変動に即応しながら迅速に調整を行えるため、系統の安定を維持することに適している。

これらは、価格面で一般的にスポット市場の方が時間前市場よりも安価である傾向が保たれることで、できるだけ早期に計画を確定させて安価に調達することが事業者にとって有利となる。また、インバランス制度によって、事前に提出した需給計画と実績のずれに対して、高い単価での清算が行われる。これも、正確な予測と実行が経済的に報われ、予測の失敗にはコストが伴うかたちとなる。このスポット市場・時間前市場・インバランス生産の一連の取によって、早期に正確な需給予測を行う事業者ほど有利な条件で取引できることとなる。

このように、短期の市場は、スポット市場のオークション方式によって基礎的な需給の安定性を確保し、時間前市場のザラ場取引によって直前の需給変動に柔軟に対応する。そして、最終的にはインバランス制度で誤差を清算する。この時間的に前に位置する市場での契約が経済効率性を高め、より実需給に近い市場が需給量の一致を可能としていく多層的な補完関係によって、需要・供給予測の精緻化が事業者にとって利益最大化の鍵を握ることとなっている。そしてこれは、関連技術への投資も促す仕組みともなっている。

予想できない需要と供給の変動にすぐ対応できる調整力を確保するための需給調整市場についても見ておこう。この市場では、発電事業者や蓄電池事業者、またデマンドレスポンスに参加する需要家は、あらかじめ電力を調整できる状態を準備しておき、指令が出ればただちに応答することが求められる。応答の速さと出力の継続時間に応じて区分され、その区分ごとに報酬が設定される。これによって、この仕組みにより、名目上の容量だけを積み上げる行動が抑えられる。また前述のとおり、アグリゲーターを通じたデマンドレスポンスや蓄電池も、基準となる使用量の検証や通信要件を満たせば入札に参加できる。これにより需要側の柔軟性も取引の対象となり、貨幣化される。このように、短期市場で調整しきれなかった需給のずれを整えるための電源を確保するだけでなく、柔軟な資源に投資する動機づけも与えられている。つまり、インフラ投資に依存しない安定供給が促進され、市場は柔軟な資源を競争的に動員するインセンティブ構造を持つ。そしてこれは、後述の長期的な安定性のための電力市場とも重なりを持っていく部分でもある。

では、長期的安定性のための電力市場はどうであろうか。ベースロード市場と容量市場は、いずれも長期的に安定した電力供給を確保し、新しく参入する事業者の不利な立場を是正することを目的とした制度である。それぞれのインセンティブ構造を確認してみよう。ベースロード電源は、コストが低く安定性の高いものが多いが、その多くは大規模電力事業者が保有している。供給側には将来の電力供給を維持・強化するための投資が求められ、小売事業者にはコスト競争力のある電源を安定的に調達することが求められる。ベースロード市場では、旧一般電気事業者が持つ安定した電源を固定価格で新電力に提供する義務がある。これにより、新電力は価格変動のリスクが小さい電源を確保でき、不利な立場が緩和される。つまり、市場というよりは再配分的な取引の場ともいえる。一方で容量市場は、実際に発電した量ではなく「将来どれだけ供給できるか」という供給可能性に報酬を与える仕組みである。この設計により、投資回収の不確実性が小さくなり、将来のピーク需要に備えた新しい設備投資や老朽設備の維持にインセンティブが生まれる。そして、このベースロード市場と容量市場は、短期市場・先渡し市場・調整市場での取引の「長期的な土台」としても機能していく。

では、リスクヘッジ的な役割を持つ先渡し市場での取引は、どのように整理できるだろうか。将来のある時点における電力の受け渡しを事前に約束し、その価格を

取引する。この市場においては、発電事業者や小売電気事業者といった参加主体が、それぞれの立場から異なる動機を持って取引に参加する。売り手側は、将来の市場価格上昇リスクを回避しつつ、安定的な収入を確保することができる。買い手側にとっては、価格変動の影響を抑制し、コストを一定の範囲に固定することが可能となる。また、取引は主に「ザラバ方式」によって成立する。これにより、需給見通しや燃料価格が日々変化する中で、柔軟な取引をおこなうことができる。しかし、双方の希望価格が乖離する場合、取引成立の可能性は著しく低下する。また、先物市場では、実際の受け渡しにおける不確実性が買い手にとっての重大なリスク要因となり得る。つまり、先渡し市場は価格変動リスクの分散や安定性の確保といった経済的合理性を提供する一方で、取引成立の可能性や実需給での値差リスクなど、異なった仕組みでの不確実性を内包しているといえるだろう。

付加的な価値をみる非化石価値取引市場についても整理しよう。発電事業者は、CO₂を排出しない電源の開発と運用を進め、小売電気事業者は環境価値に配慮した電源を調達する。非化石証書の販売を通じて、発電事業者は環境価値に応じた追加収益を得ることができ、小売事業者は非化石比率の目標や報告義務に対応するため、証書を購入するインセンティブを持つ。また、小売事業者は消費者向けには価格を転嫁しながら「環境配慮型メニュー」として提供し、自らの環境意識を反映したい顧客と契約を結ぶことが可能となる。環境価値の市場価格は、再生可能エネルギーの普及に必要な社会的コストを透明化し、脱炭素経営を目指す企業活動を後押しする役割を果たす。

需要家側でも、非化石証書は単なる義務履行の手段ではなく、製品やサービスの差別化資源として機能する。企業が再エネ由来の電力を使って製品を生産したことを示すことは、特に環境配慮への意識が高い層にとっては、多少価格が高くても商品を選ぶ動機付けとなりうる。また、大手企業から波及する形でサプライチェーン全体でのCO₂排出削減が取引条件化しつつあり、非化石証は取引先との信頼や持続可能性報告の裏付けとしての重要性を増している。

最後に、小売市場について整理しよう。小売電気事業者は、価格・環境価値・サービスといった観点から独自性のある料金メニューで顧客を獲得する。そして需要家は、自らのニーズに合った契約先を選ぶことができる。また、小売市場では時間帯別料金等も導入されており、今後スマートメーター等の術的発展・設備の導入の進展によって、需要家はいつ電気を使うかを選ぶ行動を選べる環境が整えば、小売事業者側が需給の逼迫具合を価格に反映することで、市場原理による負荷の平準化の機能も期待できる。

以上のように、各市場制度は、制度設計によってプレーヤーの望ましい行動を経済的に誘導するよう意図して構築されている。市場制度の評価や改革においては、制度が「どのような行動を促したいのか」と「実際にどのような行動を引き出しているのか」、現状と変更による影響を十分に斟酌することが不可欠である。

3.3 市場制度間の相互作用とインセンティブの整合性

前節で見たように、日本の電力市場は、短期的な需給調整、価格リスクのヘッジ、長期的な供給力確保、そして脱炭素化の推進といった、多様な政策目的を実現するため、複数の市場制度を重層的に組み合わせて構築されている。そして、これらの制度はそれぞれ独立して存在しているわけではなく、現実のプレーヤーは複数の制度を同時に意識しながら意思決定を行う。したがって、制度間の相互作用、すなわ

ち各市場の設計が他の市場へのインセンティブに与える影響を理解することは、制度全体の有効性を評価する上で極めて重要である。

まず、短期市場とインバランス制度、需給調整市場の関係に注目しよう。これらは「短期的な需給安定性の確保」という同一の目的に向けて連動する関係にある。具体的には、スポット市場で計画された需給が当日になってずれた場合、その調整は時間前市場で行われ、さらに実時間での調整は需給調整市場・インバランス制度に委ねられる。つまり、これらの市場は時間軸に沿って連鎖的に構築されており、一つの制度の設計変更が他の市場に波及する構造となっている。たとえば、インバランス料金など後続の取引価格が極端に高く設定されれば、小売事業者はより慎重に予測を行うが、一方でスポット市場やそれ以前での取引が過熱する可能性がある。

需給一致の責任やその便益の観点からすれば、まず最終的に安定的な供給を実現できるか否かは、発電事業者や送配電事業者を含む電力事業者全体に帰結する。またその一方で、電力市場の複雑な制度設計自体は一般消費者にとって直接的に認識されるものではなく、停電の有無や電気料金の高騰といった体感的な結果を通じて、電力システム全体の信頼性が評価される点に留意が必要である。

リソースの異なる価値をそれぞれ評価する制度として補完関係にある市場として、容量市場と需給調整市場にも注目しよう。容量市場では、将来の供給可能性という静的な価値に対して報酬が支払われる一方、需給調整市場は応答性という動的な性能にも報いる。このような複数の制度を通じて、発電事業者に対して「長期的な供給力の維持」と「即応的な調整力の提供」という異なる行動を同時に誘導している。

ただし、同じ発電設備に対して容量市場からの「供給力維持の対価」と、需給調整市場からの「実際の調整力提供の対価」がそれぞれ支払われる場合、両市場での報酬が重複する。つまり、一方の価格を押し上げると、意図した以上に事業者に過大な収益機会を与えることとなり、過剰な設備投資を誘発しかねない。結果として、資源配分の効率性を損ない、制度全体の費用負担を押し上げるリスクがある。制度設計においては、容量市場と需給調整市場の役割分担を明確にし、寧ろ報酬を補完的に機能するように調整することも重要である。また、これについても便益・責任の観点から見れば、電力事業者全体に及びうる。そのことも踏まえながら、発電事業者に追加的に向けられるべき便益とその出所を考慮する必要もあるだろう。

最後に、より大きな枠組みとして、短期市場と長期市場との整合性についても考察しておこう。小売事業者の分散最小化と期待値最小化という2つの異なる戦略は、トレードオフな関係を持ちうる。長期契約によって電力量が確保されすぎると、スポット市場に流通する電力量が減少し、市場流動性が低下する懸念がある。一方で、小売事業者にとっては価格変動リスクを避けるために相対契約を利用する誘因が強い。分散最小化の観点では、固定価格契約による相対取引が理想的だが、スポット市場価格が大幅に下落した際には調達コスト削減の機会を逃すというトレードオフがある。

発電事業者にとっても、相対契約価格をスポット市場より高めに設定することで、安定供給に対するプレミアムを確保しようとする誘因が働く。この結果、市場全体の効率性を損なう可能性があるが、相対契約間の競争や市場設計の工夫次第で、スポット価格と相対価格を近づける調整余地は存在する。必要に応じて規制や政策介入を組み合わせることが、市場の流動性と効率性の両立に資するだろう。

このように、日本の電力市場制度は、それぞれの市場が単独で機能するのではなく、相互に補完・競合しながら全体の制度的バランスを形成している。ここで論じ

たものの以外にも、先渡しやベースロード市場などの、受け渡し自体がスポット市場となる取引とスポット市場との関連など、留意が必要な点は多くある。¹⁴ゆえに、制度改革を検討する際には、個別の制度だけに注目するのではなく、その変更が他の制度に与える影響を系統的に分析することが不可欠である。特に、プレーヤーの立場から見たときに、複数の制度のインセンティブが一貫しているか、あるいは逆方向の行動を促していないかを検証することが、制度設計の整合性を確保する鍵となる。

4. 制度の課題と改革の方向性

ここまで概観してきたように、日本の電力市場は安定供給・柔軟性確保・脱炭素推進といった多重的要請に対応するため、多様な制度的枠組みを導入してきた。JEPX を基盤に、容量市場、ベースロード市場、非化石価値取引市場、需給調整市場などが設置され、それぞれが固有の目的と行動誘導メカニズムを備えている。しかし、これらの相互作用は一定の整合性を保ちながらも、市場全体として経済効率性および長期的持続可能性を十分に保証するものとはなっていない。各論的には、前章で扱ったもののほか、各市場の取引頻度の調整を他の市場での振る舞いも見ながら整備する方法等、様々重要な論点がある。また、市場外部の固定価格買取制度やカーボンプライシングも電源選択や設備規模の意思決定に影響を及ぼす。そして、その影響が、さらに需給調整市場や卸電力市場に求められる要件を変えていく。しかし、それらをすべてここで議論することは難しい。本章では、電力市場が全体として抱える重大な課題として、具体例についてはここまでの議論に沿うかたちで、①制度間の整合性不足、②リスク・責任配分の不明確さ、③制度運用の複雑性と透明性の不足の三点を中心に論じる。

制度間の整合性の不足について、まず指摘すべきは、供給力確保に関する制度間の整合性の欠如である。容量市場、ベースロード市場、長期 PPA、FIP 制度などは、いずれも根本的には供給力確保を目的としているものの、その対象範囲、調達主体、価格形成メカニズムは異なりながら、部分的に重複している。このことは投資判断を複雑化させ、また市場シグナルも不明確にしうる。供給力の定義や対価設計を一貫的に整理し、その周知を進めることが不可欠である。

また供給力確保に関しては、制度設計が中長期的な脱炭素移行との整合性を十分に備えていない点が重要である。非化石価値取引市場や FIP 制度は依然として補助的な色が強く、市場基盤型の脱炭素インセンティブとしては限定的な効果にとどまる。今後は、非化石価値の多年度かつ予見可能な価格形成といった措置等により、市場ベースの脱炭素誘因を強化することも必要なのではないだろうか。

供給力の確保に関わる制度設計については、前述の FIT 制度や FIP 制度、さらにはカーボンプライシングといった市場外制度の影響にも目を向けなくてはならない。FIT 制度は、一定の買取価格を保証することで投資回収の予見性を高める反面、発電事業者が市場価格や容量市場の価格シグナルに反応しにくくなる構造を持つ。FIP 制度についても、プレミアムによる補填が市場価格に連動しているとはいえ、一定の下支え効果があり、純粋な市場インセンティブを弱める側面じゃもってしまうことには、留意が必要である。また、カーボンプライシングの導入についても、発電コスト構造や収益性を変化させることで、既存の容量市場やベースロード市場における

¹⁴ 本稿では議論に含めていないが、関節送電権市場と呼ばれる、あるエリアから別のエリアに電力を送るための送電容量を事前に確保・取引する仕組みも含んだやり取りがなされる。

供給構成に大きな影響を及ぼす可能性がある。特に、脱炭素化に向けた供給力再編の圧力が高まる中で、安定のために活用できる電源の維持も目指す市場制度との間で、矛盾がないような調整が必要となる。

このように市場メカニズムと政策誘導的な支援制度の相互作用が、事業者の行動や設備投資判断に複雑な影響を与えうる。したがって、これらを個別に議論するのではなく、制度全体を俯瞰したうえで整合性のある構造へと再構築していく視点が欠かせない。

次に、制度が内包するリスクと責任の配分に関する不明確性についても述べておく。本稿では、特にインバランスの責任配分の再検討の余地について述べておく。インバランス料金制度は、需給予測の不確実性に伴うリスクを小売事業者へ過大に帰属させる構造を有している。形式上は予測精度向上を促すインセンティブであるが、実態としては系統全体の需給逼迫や調整力不足に起因する、事業者の努力では制御困難なリスクまでを包含している。その結果、小売事業者、特に新規参加者が過大なリスクを負担し、市場退出に至る可能性すら生じうる。制度の信頼性と安定性を確保するためには、調整力供出責任とインバランスリスクの所在を明確化し、各プレーヤーが制御可能な範囲に応じて責任を負担する仕組みへの再設計が不可欠である。これは安定的供給を維持するうえでの前提条件であり、歪みを大きくしないためにも早急に検討すべき課題である。また、発展していく技術と実際の管理状況の変遷にあわせて、都度再考される必要がある。¹⁵

制度運用の複雑性と透明性の不足については、制度全体として複雑であること自体が、リスクマネジメントや戦略的投資の障壁となってしまう。電力市場の各制度は重なりあいを持ちながらそれぞれ運営されているが、その複雑性が、リスクマネジメントや戦略的投資の障壁として作用している。特に新規参加を志向する小売事業者や分散型電源の担い手にとって、規制コストや頻繁な制度改正に伴う不確実性は、市場参加の予見可能性を著しく損なう要因となっている。また既存事業者にとっても、制度の複雑性は参加者の行動予測を困難にし、結果として過度に防衛的な戦略を誘発する可能性がある。

また、投資回収期間の長い電源事業においては、制度改正の頻発等も含む予見性の低さが、投資意欲を抑制する要因となりうる。したがって、制度改革の方向性としては、中長期的に見通しの立つシンプルな市場設計、制度変更の予見可能性の向上、政策目標との整合性確保といった要素が求められる。

最後に、今後の電力市場改革の方向性について、これまでの内容をまとめるよう。今後の電力市場制度改革においては、安定性・柔軟性・脱炭素の三要素をいかに統合的かつシンプルに制度設計へ組み込むかが鍵となる。これらの目標の達成は、個別市場制度の最適化だけでは、複雑化するエネルギーシステム全体を支えることは困難である。各プレーヤーが利益最大化を目的として市場での行動を決定する場合に、それぞれ異なったインセンティブメカニズムを持つ市場が連関しあう場合は、社会的最適の実現には必ずしも寄与しない。また、利益や損失・責任を二重に計上しかねないような制度が含まれる場合には、その効果の波及について特段の注意を向けるべきであろう。そして、今回は議論しなかった部分として、需要側の調整も今後は重要性を増していくだろう。ただし、価格弾力性が少ないことなどからも、これは本来の需要水準を根本的に変えるものではなく、あくまで短期的な若干の矯

¹⁵ 諸富(2015)の2部6章などにみられるような費用負担原理の議論の枠組みを拡張しながら、技術や状況の変遷に併せて都度再考される必要性がある。

正等にとどまると考えられる。制度の持続可能性を確保するには、まず基底に需要があるという前提のもとで、横断的・体系的な市場設計を再構築することが求められる。

以上、本章では電力市場制度の課題を三つの観点から整理し、今後の改革に向けた方向性を展望してきた。もっとも、市場の再構築については、歴史的経緯も踏まえながら、変更が引き起こす混乱や摩擦について、その経過と帰結を慎重に考察しつつ、戦略的に進めていく必要がある。そのうえで、特に事業者の戦略行動は外部から見通しにくいため、制度運営の側からも情報収集・分析の仕組みを整備し、必要に応じて柔軟に対応できる体制を構築することが望まれる。

このための取り組みの一つとして、今後は、各市場間の要素間のつながりを可視化していく。これは、各プレイヤーの戦略策定や分析のみならず、市場全体の効率的運用を目指した制度の策定や見直しにも活きるものとして期待できる。

参考文献

- 木舟辰平 (2024), 『図解入門ビジネス 最新電力システムの基本と仕組みがよ〜くわかる本 [第4版]』. 秀和システム, p16
- 経済産業省 (2025), 「発電コスト検証に関するとりまとめ」, p.132
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/pdf/cost_wg_20250206_01.pdf (2025年9月30日最終閲覧)
- 資源エネルギー庁(2010), 「第3次エネルギー基本計画」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/100618honbun.pdf
(2025年9月30日最終閲覧)
- 資源エネルギー庁(2014), 「第4次エネルギー基本計画」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf
(2025年9月30日最終閲覧)
- 資源エネルギー庁(2018), 「第5次エネルギー基本計画」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf
(2025年9月30日最終閲覧)
- 資源エネルギー庁(2021), 「第6次エネルギー基本計画」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_01.pdf
(2025年9月30日最終閲覧)
- 資源エネルギー庁(2025), 「第7次エネルギー基本計画」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20250218_01.pdf
(2025年9月30日最終閲覧)
- 資源エネルギー庁(2015), 「これまでの議論 (総合資源エネルギー調査会, 長期エネルギー需給見通し小委員会 (第7回会合) 資料3)」
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/007/pdf/007_07.pdf
(2025年9月30日最終閲覧)
- 資源エネルギー庁 (2022), 「ベースロード市場について」
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/seido_kento/pdf/063_04_00.pdf
(2025年9月30日最終閲覧)
- 資源エネルギー庁 (2025), 「エネルギー基本計画の概要」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20250218_02.pdf
(2025年9月30日最終閲覧)
- 竹内敬二(2023), 「戦時下の原発リスクーロシアのザポリージャ原発占拠が明らかにした原発の弱さと危険ー」生活協同組合研究 /571 巻 p. 32-39,
DOI:https://doi.org/10.57538/consumercoopstudies.571.0_32
- 地球環境産業技術研究機構 (2023), 「2050年に向けた日本の電力需要の見通し (電力広域的運営推進機関 将来の電力需給シナリオに関する検討会資料)」
https://www.occto.or.jp/iinkai/shorai_jukyu/2023/files/shorai_jukyu_02_01_02.pdf
(2025年9月30日最終閲覧)
- 電力需給調整取引所公式HP
<https://www.eprx.or.jp/outline/outline.html>
(2025年9月30日最終閲覧)
- 中川雅之 (2008), 『公共経済学と都市政策』, 日本評論社.
- 諸富徹 (編著) (2015), 『電力システム改革と再生可能エネルギー』, 日本評論社.